

Juha-Pekka Honkanen

Varastohallin hyllyrakenteiden muokkaaminen EUR- ja FIN-lavoille sopiviksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

16.05.2016

Tekijä Otsikko	Juha-Pekka Honkanen Varastohallin hyllyrakenteiden muokkaaminen EUR- ja FIN-lavoille sopiviksi
Sivumäärä Aika	37 sivua + 5 liitettä 16.05.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Jyrki Kullaa Tuotantojohtaja Jari Valkola
<p>Insinööritöössä käsiteltiin Kerabit Oy:n vanhan varastohallin muokkaamista nykyaikaisille EUR- ja FIN-kuormalavoille sopiviksi. Työn keskeisenä ideana on esittää ratkaisu kuormalavahyllyjen muokkaamiseen, jotka ovat hallirakennuksen kantavia elementtejä. Kerabit Oy on osa Euroopan yhtä johtavista kattoalan yrityksistä.</p> <p>Insinööritöön teoreettisessa osuudessa keskityttiin keräämään tietoa standardeista jotka määrittelevät sallitut rajat joiden sisällä kuormalavahyllyjä voidaan muokata, sekä lumikuormasta, joka on erittäin tärkeä tekijä rakenteen kestävyyskannalta.</p> <p>Lähtökohdissa pyrittiin selventämään tekniset rakenteet, joiden puitteissa muutostyöt ovat toteutettava. Toteutusosassa esiteltiin ehdotettujen muutostöiden toteutustavat ja alustavat laskelmat rasiusten ja lumikuormien sekä kustannusarvion osalta.</p> <p>Insinööritöön pohjalta tilaajayrityksen on mahdollista lähteä muokkaamaan varastoaan ja ottamaan se tehokkaaseen käyttöön varastoinnin osalta.</p>	
Avainsanat	Hylly, varasto, Kerabit Oy, EUR-lava, FIN-lava

Author Title	Juha-Pekka Honkanen Modifying the Compatibility of Warehouse Shelves for EUR- and FIN-Pallets
Number of Pages Date	37 pages + 5 appendices 16 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Technology
Instructor(s)	Jyrki Kullaa, Principal Lecturer Jari Valkola, Production Manager
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to study different possibilities for modifying an old warehouse of Kerabit Oy. The aim was to make it compatible with the standards of modern EUR- and FIN-pallets. The main focus was to present a solution for modifying the pallet racks which are the supporting structures of the warehouse. Kerabit Oy is part of a European leading roof construction company.</p> <p>The theoretical framework in this thesis focus on collecting information on the relevant standards which dictate the acceptable variations in measurements for the modification of the pallet racks. Also the snow loads of buildings are examined, which is one of the most important factors to ensure structural integrity.</p> <p>The technical structures were explained as well, and this information was used when designing the modifications. The suggested modification methods were examined, in addition to carrying out preliminary calculations on the strength and load-carrying capacity of the structures and materials. Preliminary cost estimates were calculated as well.</p> <p>As a result of this thesis the target company is able to begin the required modification process at the warehouse and make use of the currently empty space.</p>	
Keywords	Shelf, warehouse, pallet racking, EUR-pallet, FIN-pallet

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tavoitteet	1
1.2	Työn rajaukset	1
1.3	Toteutus	1
1.4	Kerabit Oy	2
2	Standardit ja kuormitukset	3
2.1	Hyllystöstandardeja	3
2.1.1	SFS-EN 13698-1 ja SFS-EN 13698-2	3
2.1.2	SFS-EN 15512	5
2.1.3	SFS-EN 15620	7
2.2	Lumikuorma	12
2.3	Linde H25 EVO -trukit	13
3	Lähtökohdat ja toteutusosa	14
3.1	Lähtötilanne	14
3.2	Hyllyrakenteet	16
3.3	Kattorakenteet	16
3.4	Lattiarakenteet	18
3.5	Hyllyrakenteiden muutos	19
3.6	Muutosten toteutus käytännössä	24
3.7	Turvalaitteet	28
4	Lujuuslaskut ja kustannusarviot	29
4.1	Lujuuslaskenta	29
4.2	Kustannusarviot	33
5	Yhteenveto	35
	Lähteet	36

Liitteet

Liite 1. Tehdasalueen pohjapirrustukset

Liite 2. Linde H25:n tekniset tiedot

Liite 3. Katon massa -taulukko

Liite 4. Ote paalutuspöytäkirjasta

Liite 5. Uuden varastohallin hyllyjen hinnat

1 Johdanto

Insinööritöön aiheena on varastohallin hyllyrakenteiden muokkaaminen nykystandardien mukaiseksi, josta hyödynnetään nykyisellään vain neljännes potentiaalisesta kapasiteetista. Nykyiset hyllyt ovat mitoiltaan sopimattomia EUR- ja FIN-lavoille, joten niille ei voida varastoida kermilavoja. Kuormalavahyllyt toimivat varastohallin kantavina rakenteina, mikä tulee huomioida muutoksia tehdessä. Yrityksellä on päävarastona suuri automatisoitu varastorakennus tuotantolinjansa päässä.

Yritys joutuu tällä hetkellä varastoimaan osaa valmiista tuotteistaan ulkona (0 - 300 kermilavaa tilauksista riippuen), joten muutoksilla saatavat varastointipaikat tulevat tarpeeseen, joskaan kaikkia tuotteita ei saada säältä suojaan.

1.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli suunnitella vaadittavat muokkaukset nykyisiin kuormalavahyllyihin, jotta ne voidaan ottaa käyttöön, sekä esittää kustannusarvio muutostöistä. Vertailupohjana käytettiin vanhan hallin purkua ja uuden pressuhallin pystytystä sen tilalle. Tälle asennettaisiin uudet kuormalavahyllyt suojarusteineen.

1.2 Työn rajaukset

Työ rajattiin hyllymuutosten käytännölliseen toteutukseen, eikä siinä puututa tuotannollisiin tai varastoinnin logistiikkaan liittyviin ongelmiin.

1.3 Toteutus

Tarvittava materiaali kohteesta kerättiin vierailuilla kohteessa.

Työ suoritettiin keskustelemalla vaihtoehtoista paikanpäällä tuotannonjohtajan kanssa ja niistä muotoutuva toteutuskelpoinen ratkaisu esitettiin yritykselle. Ratkaisu sisälsi toteutussuunnitelman hyllyjen osalta tarvittavilla piirrustuksilla jotta muutostyöt voidaan

toteuttaa. Nämä piirustukset toteutettiin osin oppilaitoksen tarjoamaa CATIA-mallinnusohjelmistoa käyttäen.

Työn tilaaja halusi saada hinta-arviot eri vaihtoehtoille, ja ne rajattiin nykyisen hallin hyödyntämiseen sekä nykyisen hallin ja täysin uuden pressuhallin pystyttämiseen uusine kuormalavahyllyineen. Insinööriyön teoriaosuudessa esitetty tieto on kerätty alan kirjallisuudesta sekä internetistä.

Raportissa tuli ilmetä alustavat luku- ja painolaskelmat muunnetuille hyllyrakenteille, jotta voidaan varmistua nykyaikaisten vaatimusten täyttymisestä varsinkin peruslumi- ja tuulikuorman osalta.

1.4 Kerabit Oy

Kerabit Oy on osa Euroopan yhtä johtavista kattoalan yrityksistä. Konsernin tehtaat sijaitsevat Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Työntekijöitä on yhteensä noin 650 henkeä, joista noin 500 on Suomessa. Liikevaihto on noin 190 miljoonaa euroa (2014). Kerabit tuotteiden valmistuksen lisäksi Nordic Waterproofing Oy:n valikoimista löytyy mm.

- Matak- ja Trebolit-, ja Sealeco-tuotteiden myynti
- Isola-tuotteiden edustus Suomessa
- Sempergreen- ja Nittendal-viherkatot

Nordic Waterproofing Oy:n toiminta on sertifioitua. [1.]

Kerabit Oy valmistaa Lohjan tuotantolaitoksellaan erilaisia, pääasiassa SBS-kumilla modifioituja bitumikermejä sekä omaan urakointiin että myyntiin, erilaisia bitumipohjaisia jalosteita jotka soveltuvat tiivistämiseen, vedeneristämiseen sekä korjaamiseen. Lohjalla on valmistettu Kerabit-tuotteita vuodesta 1955 lähtien. [2.]

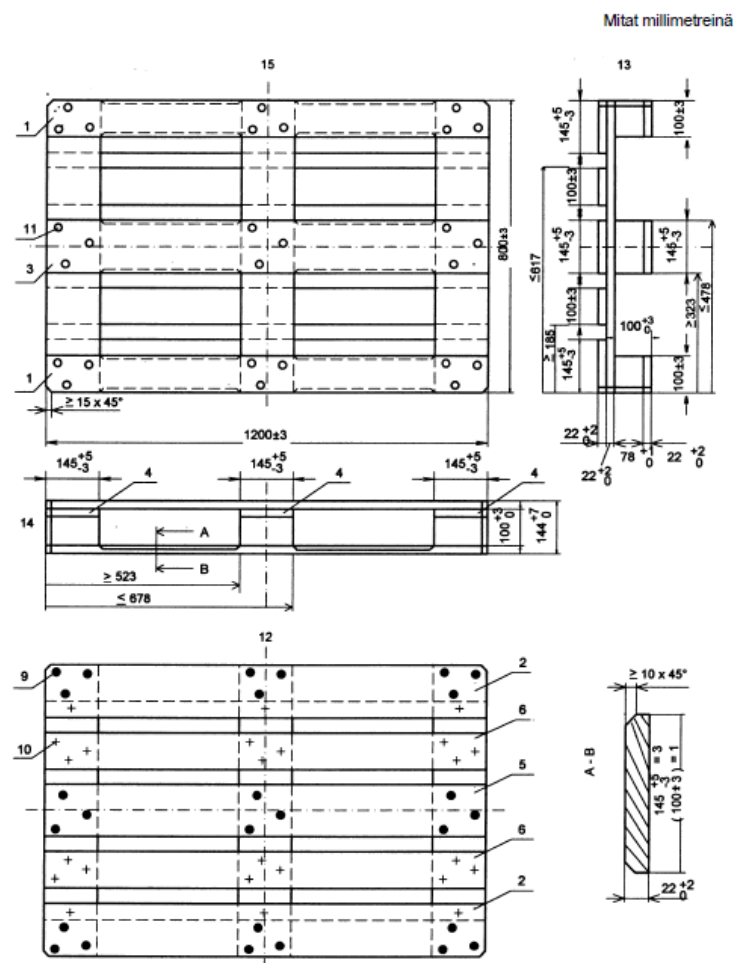
2 Standardit ja kuormitukset

2.1 Hyllystöstandardeja

Seuraavaksi on käsitelty projektin kannalta oleellisia SFS-EN -standardeja ja joiden puitteissa hyllystöjen muokkaaminen toteutetaan. Lähteinä ovat kyseiset standardit.

2.1.1 SFS-EN 13698-1 ja SFS-EN 13698-2

Puisen kuormalavan rakenteen määrittävä standardi SFS-EN 13698-1 käsittää kooltaan 800 mm x 1200 mm puisen kuormalavan rakenteen. Toiselta nimeltään EUR-lava joka on yleisesti Euroopassa käytössä. Lavan kantavuus on 1800 kg ja sen tärkeimmät mitat ovat kuvassa 1. [3.]



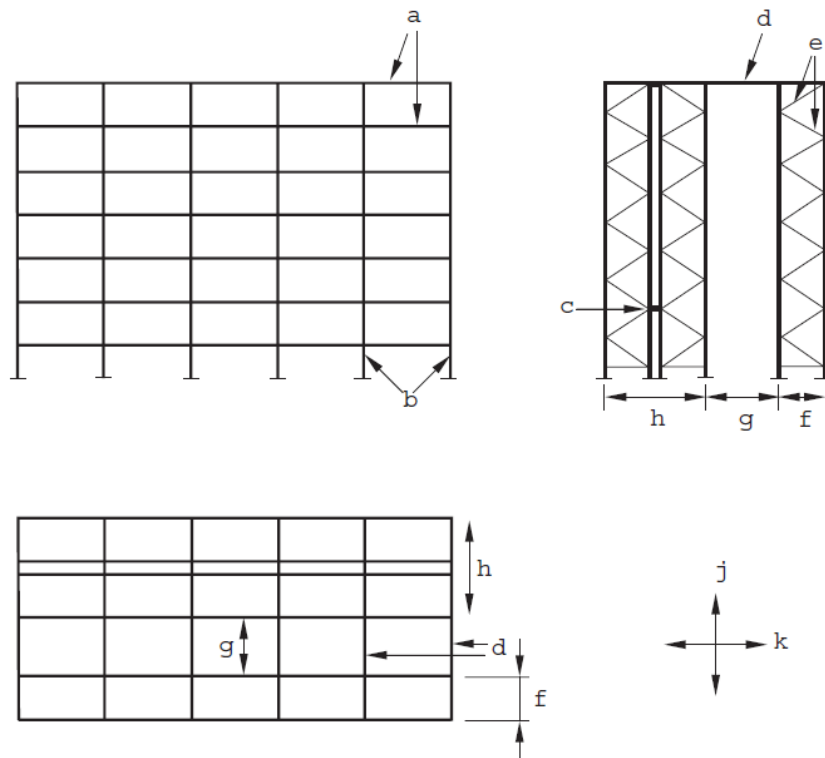
Kuva 1 EUR-lavan mitat [3.]

2.1.2 SFS-EN 15512

Standardi "Principles for structural design" määrittelee rakenteiden vaatimukset vahvistetulle tai vahvistamattomalle teräshyllystölle, joka on tarkoitettu varastointiin ja johon kohdistuu staattinen kuorma.

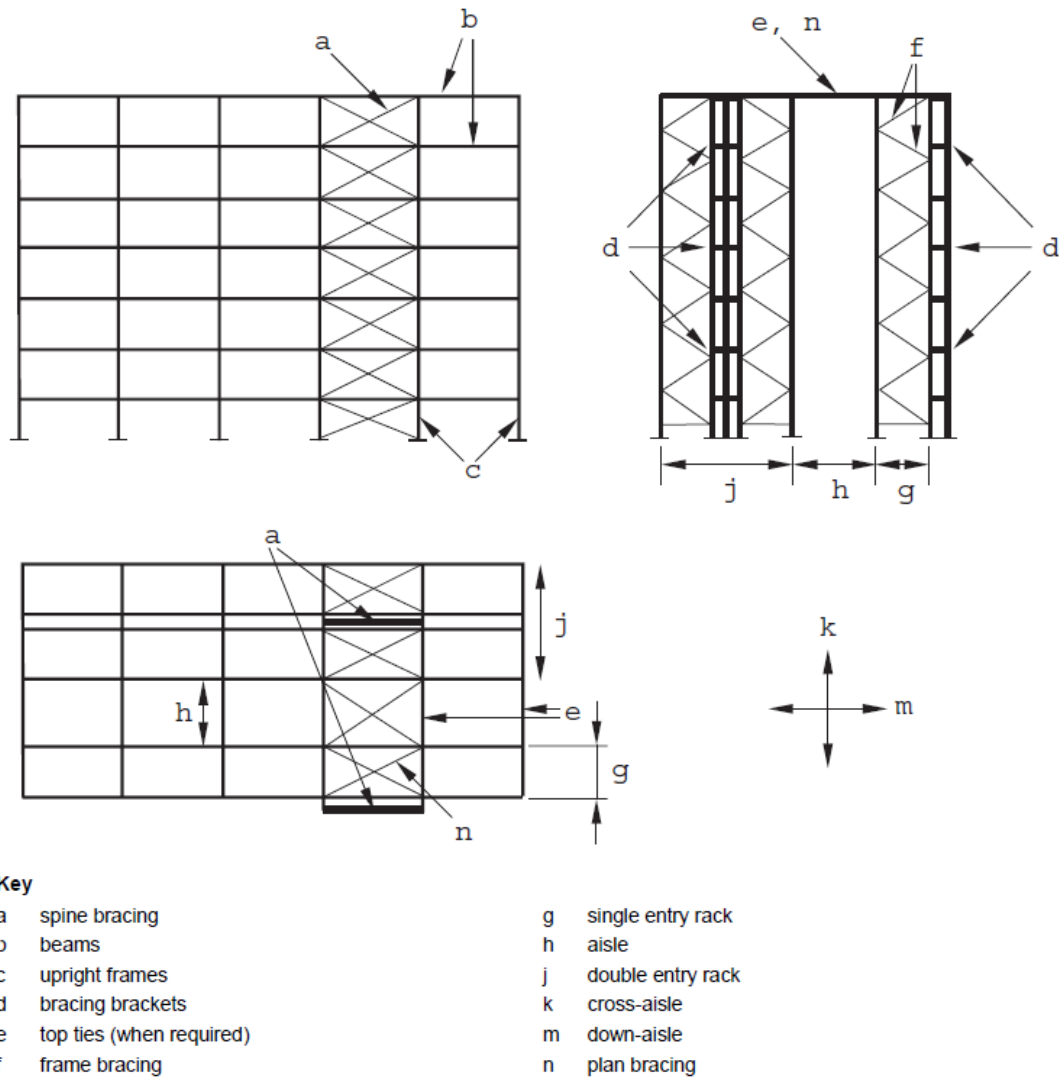
Tämä standardi antaa yleisohjeen katetun hyllystörakennuksen suunnittelulle ja kattaa myös ratkaisut, joissa hyllystöt toimivat rakennuksen kantavina rakenteina.

Vahvistamattomassa hyllystössä, jota kuva 3 esittää, käytävän suuntainen stabiilisuus syntyy pystypylvään (b) katto- ja lattiakiinnityksestä ja käytävän vastainen suunta pystypylväiden välisillä ristiäillä (e) sekä hyllyjen välisillä vahvistuksilla (d).



Kuva 3. Vahvistamaton hyllystö

Vahvistetussa hyllystössä edestä ja takaa vaikuttavat voimat ohjataan tuettuun rankaan joka näkyy kuvassa 4 kohtana a. Tarvittaessa voidaan käyttää yläkiinnittimiä käytävän (e, n) yli. Tasoja voidaan vahvistaa vain osittain koko korkeudesta joten sekä vahvistettuja että vahvistamattomia tyyppejä tulee harkita.



Kuva 4. Vahvistetun hyllyn tuettu ranka

Hyllystön kuormittamista suunniteltaessa huomioidaan vähintään kymmenen vuoden käyttöikä. Hyllystöjen kestävyys on yksittäistä ja se riippuu käytöstä johtuvasta kulumisesta, vaurioista sekä korroosiosta. Tätä ei voida tarkasti suunnitella etukäteen. Syntyneet vauriot on korjattava välittömästi.

[5.]

2.1.3 SFS-EN 15620

Standardi ”Steel static storage systems, adjustable pallet racking. Tolerances, deformations and clearances” määrittelee toleranssit, vauriot sekä turvavälit jotka koskevat hyllyrakenteiden valmistusta, kokoamista sekä asennusta. Toleranssit, vauriot ja turvavälit ovat tärkeitä suhteessa käytännöllisyyden vaatimuksiin sekä varmistamaan koulutetun henkilöstön käyttämien laitteiden sekä heidän käyttämässä varastointiratkaisun asianmukaisen yhteensopivuuden. Turvallisen käytön edellytyksenä on hyllyrakenteiden luotettavuus erilaisissa vaaratilanteissa, jotka johtuvat mm. trukin tai kuormalavan törmäyksestä hyllyyn, on oltava hyväksyttävän alhainen.

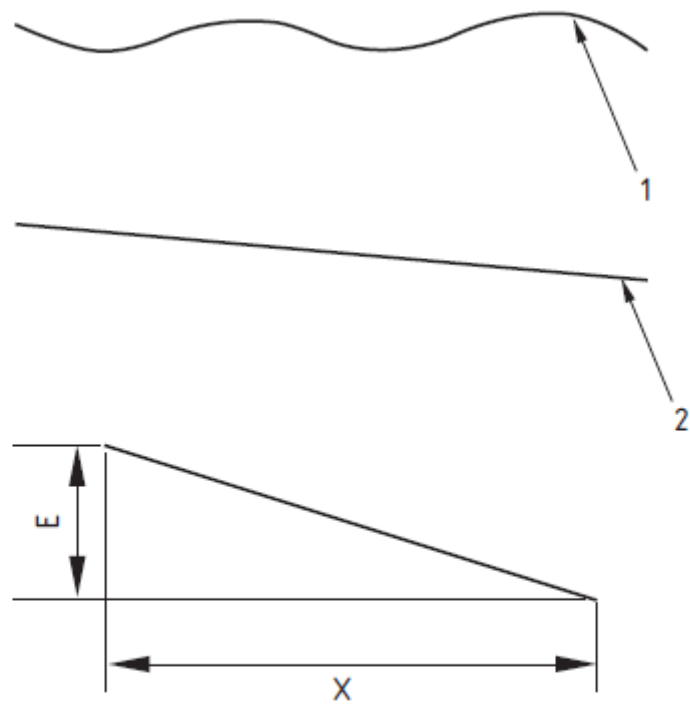
Tämä eurooppalainen standardi antaa ohjeistuksen useisiin eri tilanteisiin kuten työskentelyalueen määrittäminen ja toleranssit valmistukseen, kokoamiseen sekä asennukseen sekä kuorman rasittamiin vaurioihin rakenteissa.

Standardi rajoittuu yksisyvyysiseen säädettävään kuormalavahyllyyn jota operoidaan trukilla tai pinoamisnosturilla.

Hyllystöillä on neljä eri luokkaa, joista ensimmäinen on luokka 100. Siinä hyllystöllä on välissä hyvin kapea käytävä, johon mahtuu ainoastaan pinoamisnosturi. Luokassa 200 pinoamisnosturi on automatisoitu ja siinä on tarkka sijaintisysteemi. Luokan 300 hyllystössä käytävälle mahtuu ainoastaan trucki ja sen kuorma. Truckia ohjataan usein lattiaan kiinnitetyillä ohjaimilla. Luokan 400 hyllystön käytävä on tarpeeksi leveä, jotta vastapainotrucki mahtuu kääntymään 90 astetta siirtääkseen kuormaa hyllyillä.

Varastohalli tullaan muokkaamaan luokan 400 mukaan, jotta siellä voidaan toimia vastapainotrukin kanssa.

Kuvassa 5 selvitetään lattian, jolle hyllystö asennetaan, vinouden tai epätasaisuuden raja-arvot kolmen metrin matkalta. Sallitun horisontaalisen vinouden suuruuteen vaikuttavat käytettävissä olevan trukin ominaisuudet. Näitä ovat nostokorkeus ja nostohaarukka, jota voidaan kääntää sivuttain.

**Key**

1 floor profile level but not flat

2 floor profile flat but not level

X 3 m

E elevational difference between adjacent fixed points 3 m apart

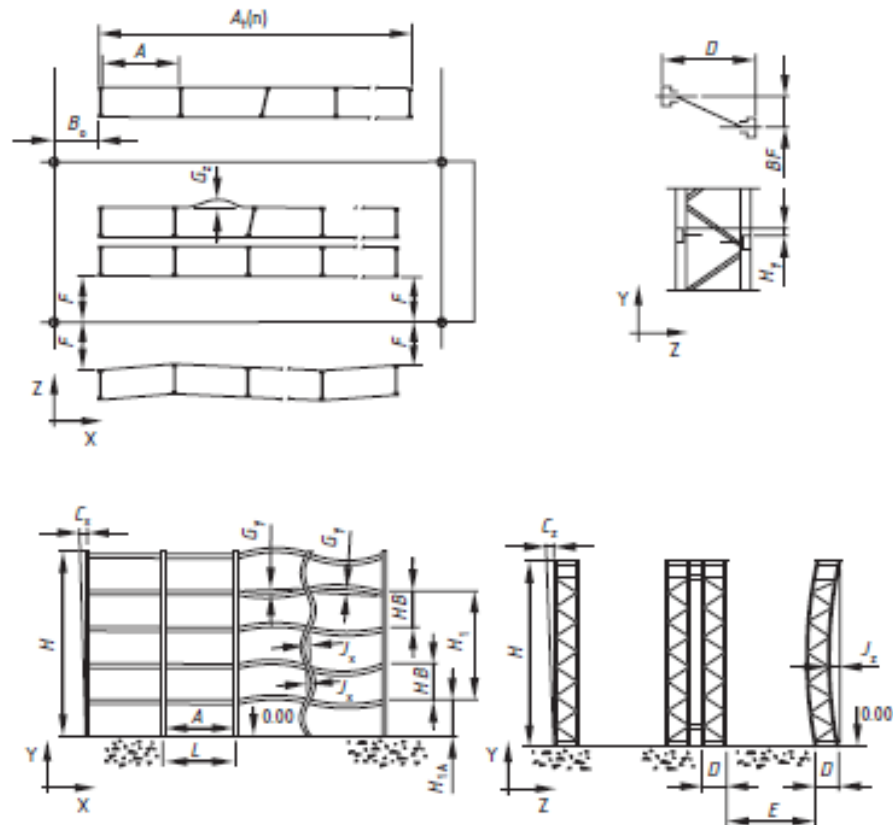
The values of E_{SD} for horizontal internal floors shall not exceed the values given in Table 1.

Table 1 — Limiting values of E_{SD}

Classification	Top beam level m	E_{SD} mm
FM1 Truck without side shift	Over 13	2,25
FM2 Truck without side shift	8 to 13	3,25
FM3 Truck without side shift	Up to 8	4,0
FM3 Truck with side shift	Up to 13	4,0

Kuva 5. Lattian sallittu epätasaisuus

Kuvassa 6 esitetään hyllystöjen vaaka- ja pystytoleranssit ja kuvien 7 ja 8 taulukoissa on kyseiset mitat luokan 400 -hyllystön mukaan, jossa vastapainotrukki mahtuu hyllystön väliin 90 asteen kulmassa kuorman kanssa.



Key

- A clear entry between two uprights
- B_0 distance between system Z datum and front of racking
- BF misalignment of opposing rack uprights across a frame
- C_x, C_z out of plumb of upright in the z and x directions respectively
- D rack frame depth
- E aisle width
- F distance from aisle system X datum to front face of upright
- G_z, G_y straightness of the beam in the z and y directions respectively
- H height from top of base plate to top of upright
- HB height from top of beam level to top of beam level above
- H_y variation of support levels between the front and rear beams in a compartment
- H_{1k} height from top of base plate to top of bottom beam level
- H_1 height from top of bottom beam level to top of any other beam level
- J_x upright straightness in the x direction between adjacent beam levels
- J_z initial straightness of an upright in the z direction
- L distance from centre to centre of uprights

Kuva 6. Horisontaaliset ja vertikaaliset toleranssit

Horizontal tolerance limitations for X Z plane mm	
Measuring dimension code and description of tolerance	Installation tolerances for racking class 400
δA Variation from nominal dimension of the clear entry width between two uprights at any beam level	+ / - 3
δA_t Variation from nominal dimension of the total rack length, cumulative with the number of bays 'n' measured near floor level	+ / - 3n
δB₀ Variation from nominal of rack frontage with regard to the installation 'system Z datum line' concerned, measured near floor level	+ / - 10
BF Misalignment of opposing rack uprights across a frame	+ / - 20
C_x Out of plumb of each frame in the X direction	+ / - H/350
C_z Out of plumb of each frame in the Z direction	+ / - H/350
δD Variation from nominal dimension of the rack depth (single frame)	+ / - 8
δE Variation from nominal dimension of the aisle width near floor level	+ / - 15
δF Variation from nominal of the straightness of an aisle measured near floor level with regard to the 'aisle system X datum line'.	+ / - 15
G_z Straightness of the beam in the Z direction	+ / - A/400
	the larger tolerance of the following
J_x Upright straightness in the X direction between beams spaced HB apart.	+ / - 3 or + / - HB/400
J_z Initial curve of an upright frame in the Z direction	+ / - H/500
T_w Beam twist at mid span	1° per m

Kuva 7. Horisontaalinen toleranssi

Vertical tolerance limitations for Y direction mm	
Measuring dimension code and description of tolerance	Installation tolerances, for racking class 400
	the larger tolerance value of the following
G_y Straightness of the beam in the Y direction	+ / - 3 or + / - A/500
δH_{1A} Variation of the top of the bottom beam level above the base plate	+ / - 10
δH₁ Variation of the top of any beam level H ₁ above the bottom beam level	+ / - 5 or + / - H ₁ /500
H_y Variation of support levels between the front and rear beams in a compartment	+ / - 10

Kuva 8. Vertikaalinen toleranssi

Kuva 9 ilmoittaa vaadittavat turvavälit kuormalavan ja hyllystön välissä nostokorkeuden mukaan. Rajat ovat eri jos kuormalavalle lastattu tavara ylittää kuormalavan äärimitat tai jos se on rajojen sisäpuolella.

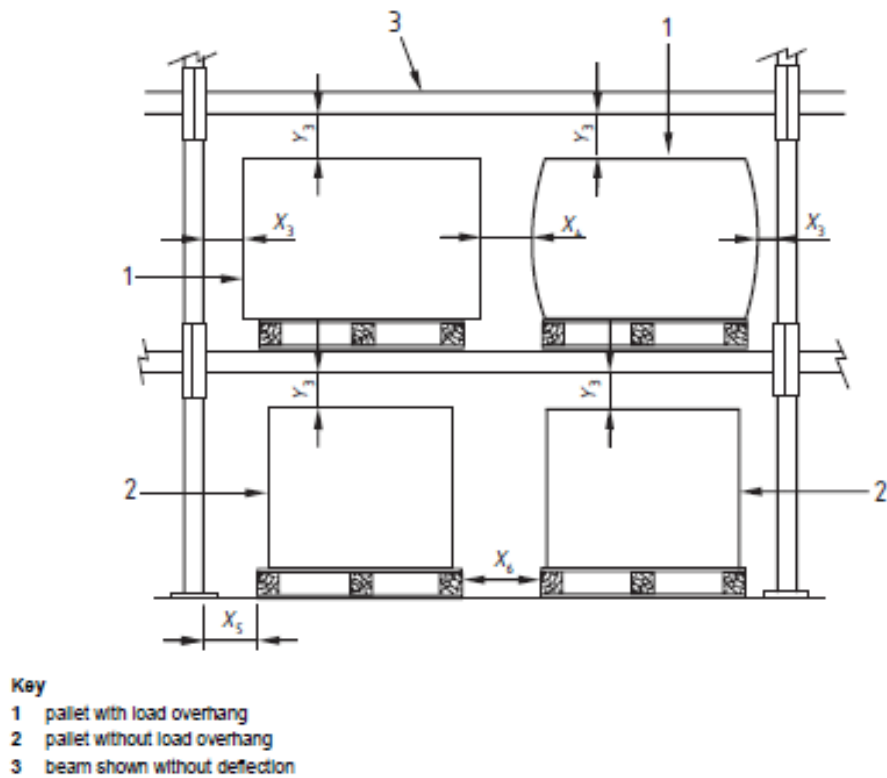


Figure 10 — Horizontal and vertical clearances for trucks

Table 4 — Horizontal and vertical clearances in a bay for trucks

Beam height Y_h from ground up to beam level mm	X_3 X_4 X_5 X_6 mm	Y_3 mm
3000	75	75
6000	75	100
9000	75	125
13000	100	150

Kuva 9. Hyllystön turvavälit sivu- ja korkeussuunnassa

[6.]

2.2 Lumikuorma

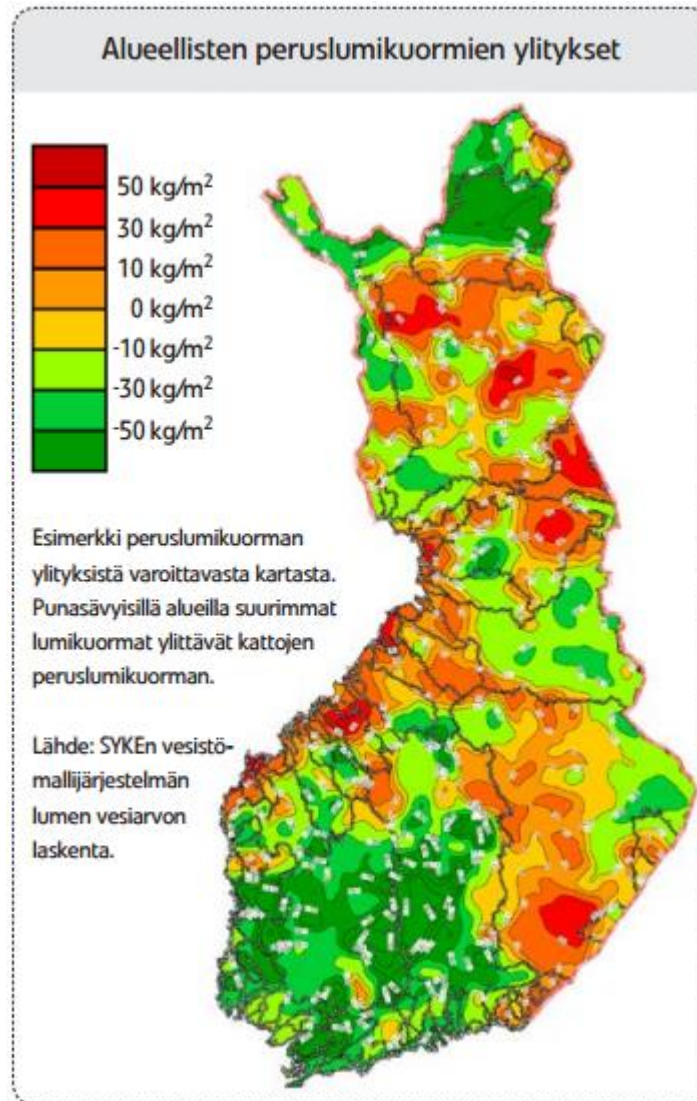
”Katoille kertyvä runsas lumi saattaa vaurioittaa kiinteistöjen kattorakenteita ja aiheuttaa jopa rakenteiden sortumia. Vaaratilanteita on sattunut erityisesti runsaslumisina talvina ja kattopinta-alaltaan suurissa rakennuksissa, kuten erilaisissa halleissa. Turvallisuuden takaamiseksi kattorakenteet suunnitellaan rakentamismääräysten mukaisille lumikuormille varmuuskertoimia käyttäen.” [9.]

Lumen painon arviointiin vaikuttaa sen tiheys, joka vaihtelee vastasataneen pakkaslumen (50 kg/m^3) ja sulavan, vanhan lumen ($>400 \text{ kg/m}^3$) välillä. Tästä johtuen lumikuorma ilmoitetaan kiloina neliömetriä kohden (kg/m^2).

Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämä lumikuormien varoitusjärjestelmä hyödyntää Vesistömallinjärjestelmän laskemaa reaaliaikaista ja ennustettua lumikuormaa. Koska lumi kasautuu usein epätasaisesti katoille, varoituksen perustana joudutaan käyttämään alueen peruslumikuormaa isompaa arvoa. Kun Vesistömallinjärjestelmän laskema lumikuorma ylittää peruslumikuorman, julkaistaan siitä varoitus sivulla www.ymparisto.fi/kattojenlumikuorma.

Peruslumikuormalla tarkoitetaan lukua joka kuvaa tasakatolla olevan lumen määrää joka tilastojen mukaan esiintyy noin 30 vuoden välein. Tähän on vielä lisätty varmuuskerroin jota käytetään rakenteiden suunnittelussa. Kuvassa 10 havainnoidaan alueellisten peruslumikuormien ylityksiä Suomessa. [9.]

Vaikka varastohallin katto on harjakatto voidaan sitä kuitenkin käsitellä tasakattona. ”Harja- ja pulpettikaton vaakasuoralle projektiolle laskettavaa lumikuormaa voidaan vähentää siten, että katon kaltevuuden ollessa $30^\circ\text{--}70^\circ$ vähennys on vastaavasti 0...100 %, jolloin väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.” [10.]



Kuva 10. Alueellisten peruslumikuormien ylitykset

Lohjan alueella on nykyään käytössä peruslumikuorman arvo 200 kg/m².
[9]

2.3 Linde H25 EVO -trukit

Kerabit Oy:llä on käytössä saksalaisen Linde Material Handling GmbH:n Linde H25 EVO trukkeja. Trukin pituus kuorman kanssa on 4262 mm joka asettaa rajan, kuinka kapea hyllyjen välinen käytävä voi olla. Trukit mahtuvat toimimaan varastossa nykyisellä layoutilla ja muutokset eivät sitä muuta. Liite 2:sta ilmenevät kaikki trukin oleelliset mitat.

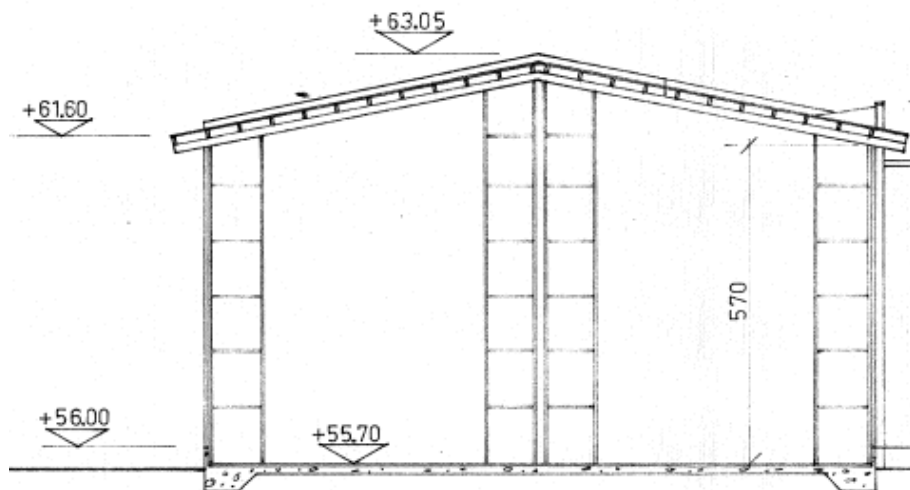
3 Lähtökohdat ja toteutusosa

3.1 Lähtötilanne

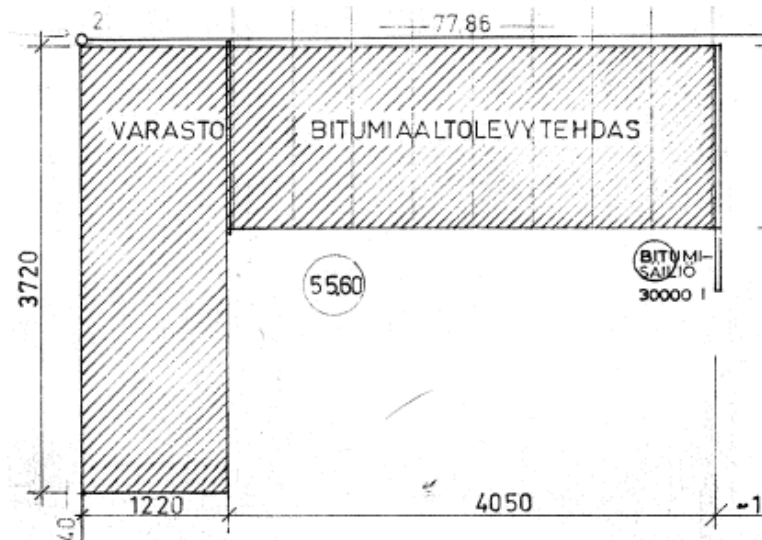
Vanha varastohalli (kuvat 11, 12, 13, 14) on ulkopuolisesti asiallisessa kunnossa eikä vaadi remontointia. Halli on ulkoisilta mitoiltaan 12,2 m * 37,2 m ja sen pinta-ala on 454 m². Kuormalavahyllyn korkeus ulkoseinällä on 5,7 m ja keskellä 7,2 m. Hallissa on harjakatto 13,4° kulmassa, tämä tekee katon neliömääräksi 467 m² [3].



Kuva 11. Varastohalli ulkoapäin kuvattuna



Kuva 12. Varastohallin leikkauskuva lyhyemmän sivun suuntaisena



Kuva 13. Osa alkuperäisen tehdasalueen piirustuksesta

Varastosta on nykyisellään käytössä ainoastaan lattiatila, eikä sekään järjestelmällisesti. Halliin on myös sijoitettu/unohtunut erilaista tarpeetonta rojuksi luokiteltavaa tavaraa, joka vähentää varastotilaa vielä entisestään.

Alkuperäiset piirustukset (kuvat 12, 13) ovat leimattu vuonna 1972 joka antaa suuntaa hallin rakentamisvuodesta.



Kuva 14. Varastohallin nykyinen käyttö

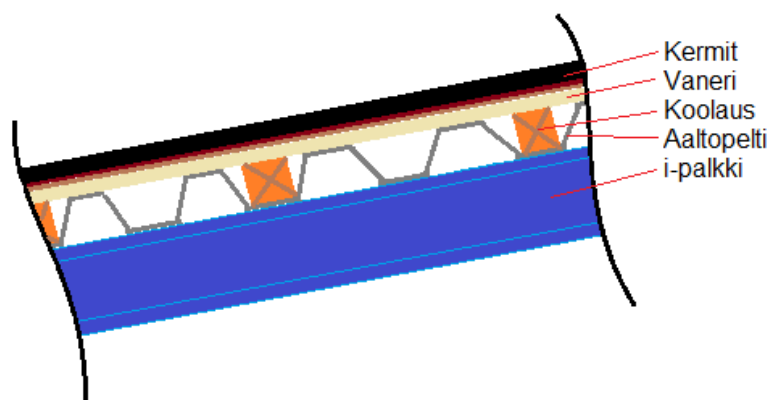
3.2 Hyllyrakenteet

Hyllyjen 60 etutolpasta 26 on vaurioitunut standardin SFS-EN 15620 mukaisesti käyttökelvottomaksi trukkien törmäyksien johdosta, joten niitä ei voitu hyödyntää tässä projektissa. Pylvään suoruus z-akselilla määritetään \pm pylvään korkeus \div 350, jolloin hallin ulkoreunoilla olevien hyllyjen (5,9 m korkea) sallittu marginaali on \pm 17 mm ja keskirivin (7,3 m korkea) sallittu marginaali on \pm 21 mm. Hyllyt on toimittanut kotimainen Kasten, jonka hyllyt eivät nykyiseltään ole suoraan yhteensopivia. Vanhoja hyllyrakenteita pystytään kuitenkin hyödyntämään, mikä vähentää kokonaiskustannuksia. Varsinkin vaakapalkit ovat mahdottomia löytää enää uusina, koska kaikki valmistetaan EUR- ja FIN-lavojen mukaan, nykyiset ovat 2,3 m pitkiä ja halliin tarvitaan 2,4 m pitkiä.

3.3 Kattorakenteet

Kattorakenne selviäisi ainoastaan avaamalla sitä, mutta siihen ei tilaaja halunnut lähteä, koska kyseessä on ehjä katto. Tuotantojohtaja eikä kukaan muukaan yrityksestä ole tietoinen, mitä kaikkea sille on ajan saatossa tehty eikä rakenne selviä alkuperäisistä piirustuksista. Kattoa on myös käytetty yrityksen omien tuotteiden testaukseen, joten lopullista päällekkäisten kermikerrosten määrää on mahdoton arvioida.

Oletamme katon rakenteen seuraavanlaiseksi (kuva 15). Koolauksen väliksi oletetaan 600 mm ja kermikerroksia on yhteensä 5, 10 %:n limityksellä.



Kuva 15. Katon rakenne

Tällä rakenteella saadaan katon kokonaismassaksi lumikuorma huomioiden taulukon 1 mukainen määrä. Taulukko löytyy kokonaisena liitteestä 3.

Katon massa

	määrä		kg
i-palkit	15	kpl	4134,42
pelti	466,49	m ²	2814,47
vaneri	466,49	m ²	4800,18
koolaus			1853,18
kermi:			
3000	1	kerrosta	1539,42
4100	2	kerrosta	4207,74
5100	2	kerrosta	5234,02

	YHT	24583,43 kg
Varmuuserroin	1,6	39333,48 kg
		84,32 kg/m ²
Lumikuorma	200 kg/m ²	93298,00 kg

	YHT	117881,43 kg
Varmuuserroin	1,6	188610,28 kg
		404,32 kg/m ²

Peruslumikuorma ja varmuuserroin 1,6 huomioiden katon keskimääräinen massa neliölle on noin 404 kg. Myöhemmin esitetyt laskut on laskettu tämän maksimikuorman mukaan.

3.4 Lattiarakenteet

Halli lattia on paalutettu 25x25 cm:n teräsbetonipaaluilla. Alkuperäinen paalutuspöytäkirjan osa löytyy liiteosiosta [Liite 4]. Paalujen pituus vaihtelee välillä 12 - 30,38 m välillä. Paalut kantavat hallin lattian betonivalua.

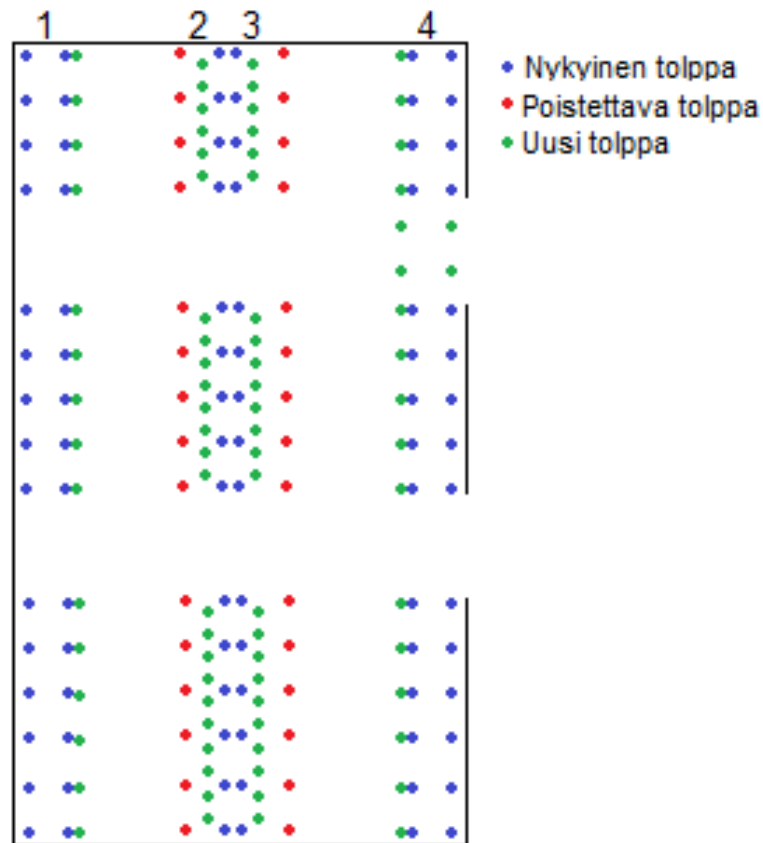
Pylväiden alla on 15 cm * 20 cm * 1,5 cm teräslevyt (kuva 16).



Kuva 16. Teräslevy

3.5 Hyllyrakenteiden muutos

Varastohallin keskimmäiset kuormahyllyt (kuva 17, rivit 2 & 3) poistetaan siten, että jäljelle jäävät hyllyjen takimmat pystytolpat (kuvassa 18 rivien 2 ja 3 välissä pareittain näkyvät siniset pallot) jotka toimivat kattopalkin tukena. Näiden tolppien väliin kootaan uudet kahden FIN-lavan kuormahyllyt ilman kattoon kiinnitystä, koska ne eivät ole katossa kulkevan i-palkin kanssa linjassa. Hallin toista ovea ei käytetä mihinkään ja se on tukittu vanhoilla tuotantokoneilla. Tämän oven edusta tyhjennetään ja siihen asennetaan uudet kolmen FIN-lavan levyiset varastohyllyt ja estetään ovan avaaminen myös toiselta puolelta.



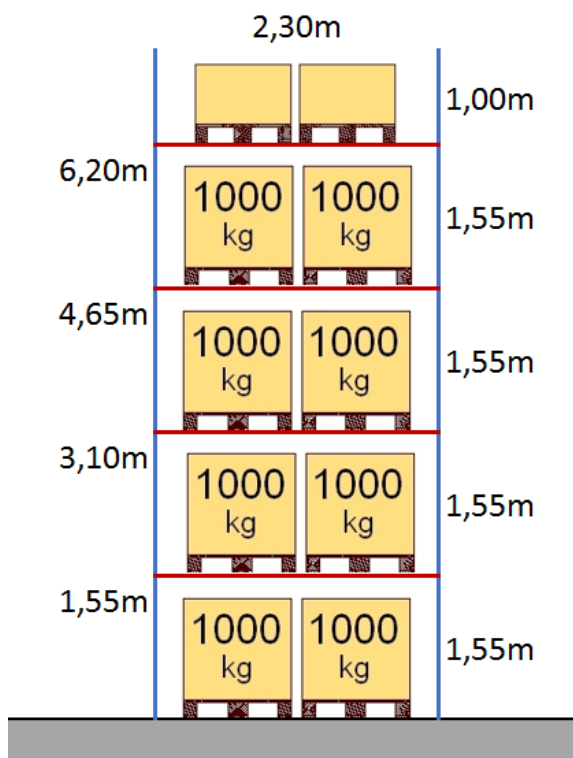
Kuva 17. Hallin pylväät riveittäin

Katossa kulkevat ristituet (kuva 18) on pidennettävä, jotta ne ylettyvät keskitolppiin asti. Materiaaliksi sopii halkaisijaltaan 35 mm paksu teräsputki, joka litistetään päistään kiinnitystä varten. Ristituet kulkevat joka toisessa välissä.



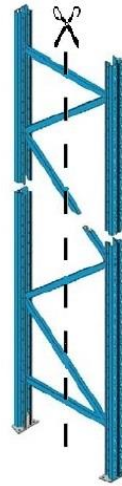
Kuva 18. Katon ristituet

Keskirivistöön (rivit 2 & 3) kantavien tolppien väliin tulee yhteensä 12 kpl kuvan 19 mukaisia hyllyjä jotka tuetaan toisiinsa ja kantaviin keskipylväisiin. Nämä voidaan ostaa täysin valmiina toimittajalta sillä ne eivät vaadi ollenkaan muokkaamista sopiakseen varastohalliin. Nykyinen hyllyn leveys on 10 cm suurempi kuin FIN-lavoille tarkoitettu, joten moduli mahtuu hyvin keskipylväiden väliin.

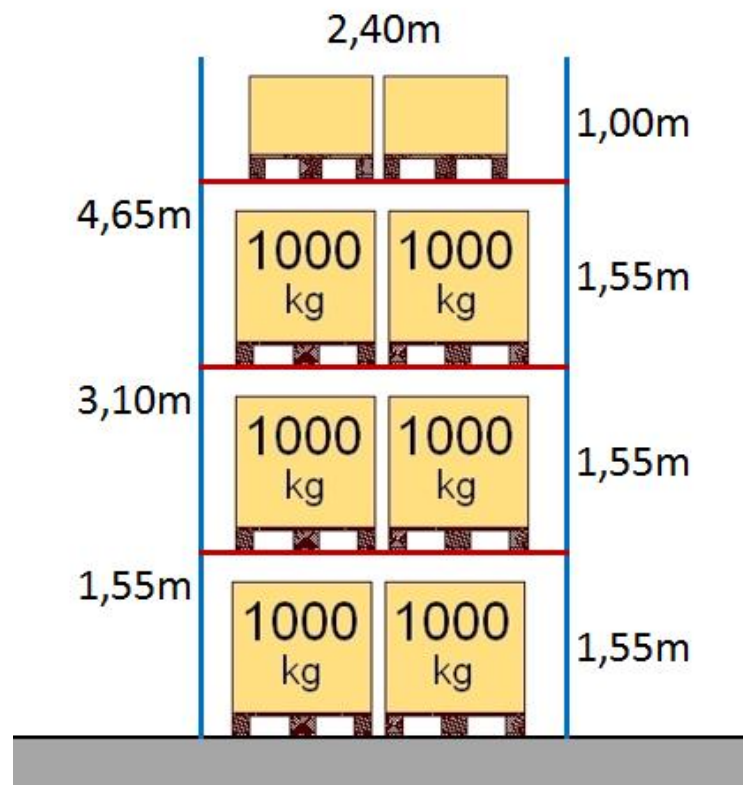


Kuva 19. Rivit 2 & 3 korvaava yksittäinen hyllyrivi

Hallin seinän viereiset hyllyt (rivit 1 & 4) jätetään paikoilleen ja eteen sijoitetaan uudet pylväät, jotka tuetaan vanhoihin etupylväisiin vino- ja vaakatuilla (kuva 20). Rivi 1 saadaan tehtyä kokonaisuudessaan keskeltä (rivit 2 & 3) vapautuvista pylväistä sekä vaakapalkkeista, nykyisin rivi 1:sen pylväselementtien välissä on kolme vaakapalkkia, tämä kasvatetaan neljään. Rivi 4 päivitetään uusilla pylväillä. Yhdestä kuormalavahyllyn pylväselementistä saa kaksi pylvästä tukineen (kuva 20). Mukana tulevat tuet katkaistaan, jolloin saadaan molempiin etupylväisiin tuenta. Tukien katkaistu pää hitsataan vanhaan etupylvääseen ja ehyt pää kiinnitetään valmistajan tarkoittamalla tavalla uuteen etupylvääseen. Hyllyt ovat kuvan 21 kaltaiset.



Kuva 110. Pylväselementin puolittaminen



Kuva 21. Rivin 1 & 4 hyllyt

Hallin keskelle jäävät pylväät kiinnitetään hitsaamalla pareittain yhteen. Näihin pylväisiin kohdistuu suurempi rasitus katon massasta, koska alkuperäiset keskirivistön hyllyt poistetaan (näistä saatavat vaakapalkit hyödynnetään seinän viereisillä kuormalavahyllyillä) joten kattopalkin jänneväli kasvaa 90 cm. On huomioitava kuitenkin, että yhteenkiinnitettyjen pylväiden rasitus koostuu muutosten jälkeen ainoastaan katon massasta (rakentaessa yksi kuormalavahylly-moduli on suunniteltu

kannattelemaan katon lisäksi jopa kuuden tonnin paino hyllyillään), joten tämä ei heikennä katon kantavuutta.

Keskirivissä (hyllyrivit 2 & 3) reunimmaisiet pylväät, jotka kannattelevat seinärakennetta (lappeellaan kulkevat 2x4 puut), joudutaan myös poistamaan, jotta saadaan hyllyrivi 1:selle vaadittavat 15 ehjää pylvästä. Nämä korvataan pystyyn laitettavalla 2"x4" lankulla, joka ruuvataan seinäkoolaukseen kiinni kuvan 22 mukaisesti. Lankku pultataan sekä lattiaan että kattopalkkiin kulmarauodoilla 90°:n kulmaan seinälankkuihin nähden. Toisinpäin kiinnittäessä seinärakenne voi taipua tuulen vaikutuksesta.

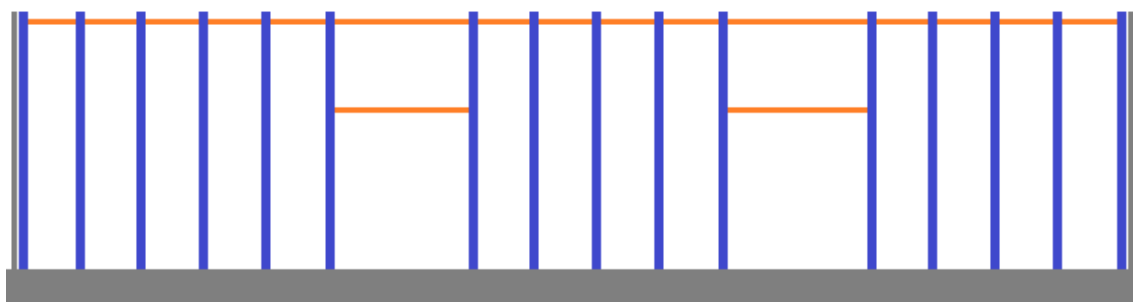


Kuva 22. Seinärakenteen tuenta

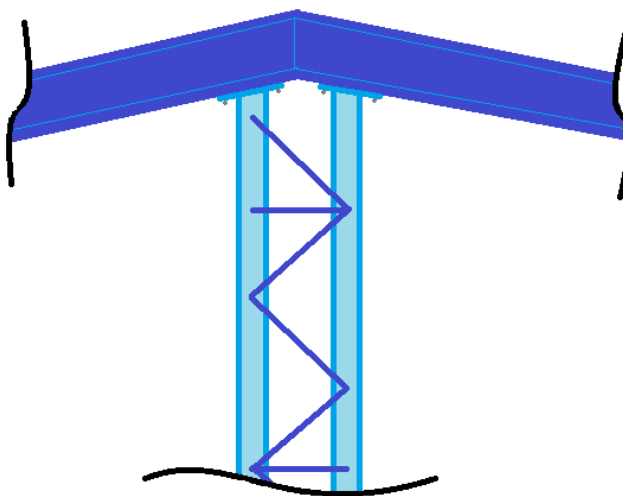
Purettavista kuormalavahyllyriveistä 2 ja 3 saatavat hyllymateriaalit voidaan käyttää rivin 1 päivittämiseen EUR- ja FIN-lavoille sopivaksi. Pylväiden päässä oleva kiinnityslevy, jolla pylväs kiinnitetään kattopalkkiin, hyödynnetään uudelleen siirron jälkeen. Kiinnityslevy irrotetaan esimerkiksi kulmahiomakoneella pylvään lyhennyksen yhteydessä.

3.6 Muutosten toteutus käytännössä

Työ aloitetaan keskirivistön purkamisella (kuormahyllyrivit 2 & 3) siten että jäljelle jää kuvan 23 mukainen vaakatuenta keskipylväiden väliin. Ensiksi irrotetaan vaakapalkit hyllyväli kerrallaan, jolloin päästään heti hitsaamaan paikalleen jäävien pylväiden väliin tukirakenne (kuva 24) t-profiiliteräksestä. Näin edetään päästä päähän. Seuraavaksi irrotetaan pylväiden väliset risti- sekä vaakatuet, minkä jälkeen voi irrottaa ulomman pylvään katosta ja lattiasta.

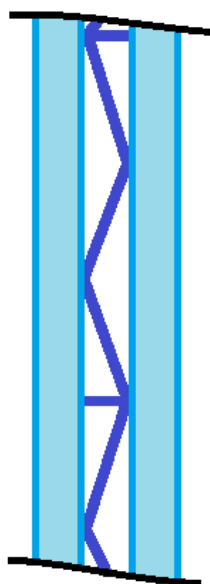


Kuva 23. Keskipylväiden tuenta toisiinsa hallin pidemmän sivun suuntaisesti, uudet hyllyt eivät näy kuvassa



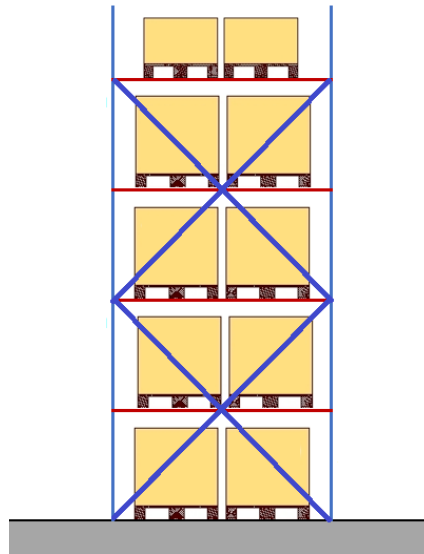
Kuva 24. Keskipylväiden tuenta toisiinsa hallin lyhyemmän sivun suuntaisesti, tukia ei tarvi molemmille puolille

Keskirivistöstä saadut materiaalit hyödynnetään ensimmäisen kuormalavahyllyrivin muutoksessa. Pylväät katkaistaan sopivan mittaisiksi, yläpäähän hitsataan kiinnityslevy takaisin, jotta voidaan pultata pylväs katton i-palkkiin kiinni. Lattiakiinnitys voidaan toteuttaa useammalla eri tavalla, helpoimpana ruuviankkurit. Kun pylväs on saatu asennettua, seuraavaksi kiinnitetään poikittaistuet alkuperäisen ja vasta asennetun pylvään välille kuvan 25 osoittamalla tavalla. Seuraavaksi vanhojen etupylväiden vaakapalkit siirretään nyt uloimpana olevien pylväiden väliin ja kuormalavahylly on valmis EUR- ja FIN-lavoille.

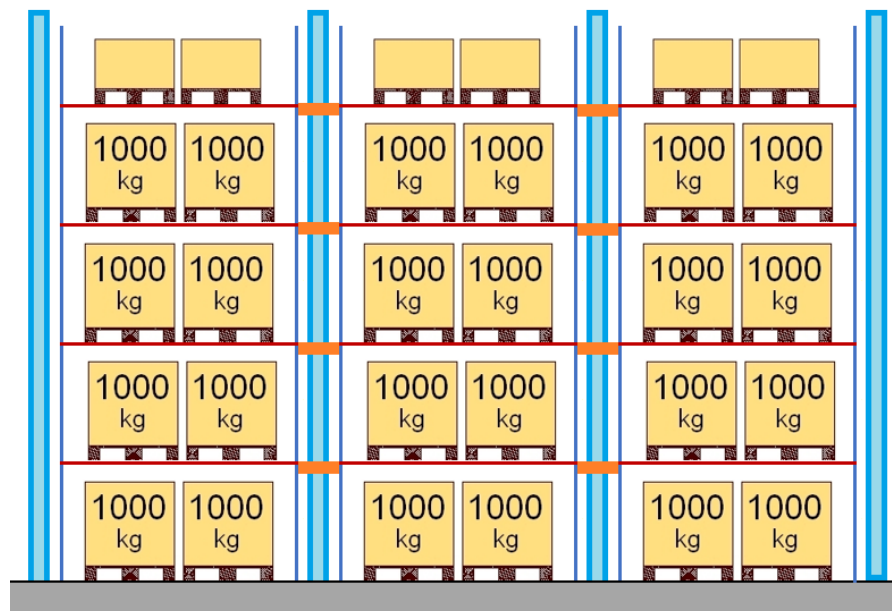


Kuva 25. Vanhan etupylvään kiinnitys uuteen

Entisten kuormalavahyllyrivien 2 ja 3 tilalle asennetaan yhteensä 12 kappaletta valmiina ostettuja kuormalavahyllymoduleita keskitolppien (kuva 23) väliin. Hyllymodulit kiinnitetään toisiinsa, lattiaan ja keskitolppiin kaatumisen estämiseksi. Lisäksi kuormalavahyllyrivi 1:sen puolelle asennetaan ristituenta sivulle kaatumisen estämiseksi (kuva 26). Pylväisiin kiinnitetään myös katonrajassa ristituenta kuormalavahyllyrivi 1:sen ja keskirivin (ent. 2 & 3) sekä keskirivin ja rivi 4:n pylväiden välille (vastaavat kuin kuvassa 19).

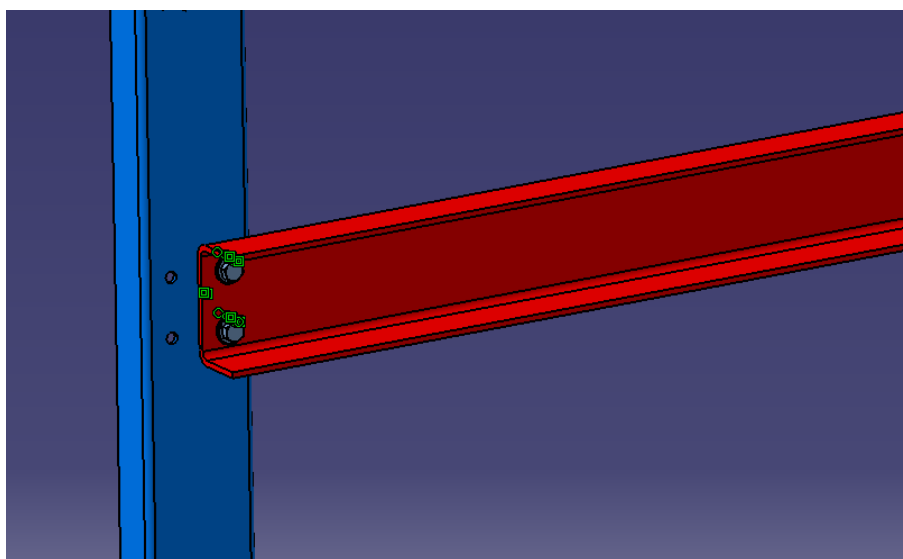


Kuva 26. Ristituenta hyllyrivi 1:sen suunnasta katsottuna



Kuva 27. Uuden keskirivin hyllyt keskipylväiden välissä, vaakatueta (kuvassa oranssit) ovat hyllyjen välissä

Kuormalavahyllyrivi 4 päivitetään käyttämällä uusia pylväselementtejä ja näiden mukana tulevia vaaka- ja ristitukia. Poikkeuksena käytöstä poistetun oviaukon väli (kuva 17, s.20) johon asennetaan kokonaisuudessaan uusi kuormalavahyllymoduli kooltaan yhdeksän kermilavaa ja kolme matalampaa tarvikelavaa. Vaakapalkkeina joudutaan käyttämään u-profiilin terästä (kuva 28) koska vanhat vaakapalkit eivät ole yhteensopivia uusien pylväiden kanssa ja pituus on myös eri. Uudet pylväät tulee asentaa 5 cm lähemmäs vanhoja etupylväitä kuin rivissä 1, koska vaakapalkki ei ole pylväiden välissä vaan edessä.



Kuva 28. C-profiilisen vaakapalkin kiinnitys pultein uusiin pylväisiin

Muutosten jälkeen varastoon mahtuu seuraavasti kuormalavoja:

- 1. rivi – 84 kermilavaa, 28 tarvikelavaa
- keskirivi – 96 kermilavaa, 24 tarvikelavaa
- 4. rivi – 78 kermilavaa, 26 tarvikelavaa

Yhteensä 258 kermilavaa sekä 78 matalampaa tarvikelavaa.

3.7 Turvalaitteet

Kuormalavahyllyjen suojaksi on aiheellista hankkia asianmukaiset suojat jotta trukilla törmääminen ei vahingoita rakennetta. Jokaisen etupylvään eteen asennetaan kuvan 29 kaltainen törmäyssuoja. Keskirivin kulkuaukot on jo valmiiksi suojattu.



Kuva 29. Törmäyssuoja [11]

4 Lujuuslaskut ja kustannusarviot

4.1 Lujuuslaskenta

Tässä kappaleessa on esitetty alustavat lujuuslaskennat kattopalkkien sekä pulttiliitosten kannalta.

Yksittäisen pylvään kuormitus f saadaan jakamalla katon kokonaismassa 188 610 kg [liite 3] pylväiden lukumäärällä 120 kpl.

$$f = \frac{188610 \text{ kg}}{120 \text{ pylväs}} = 1571 \text{ kg/pylväs}$$

Pylvään kantokyky riittää hyvin tälle massalle.

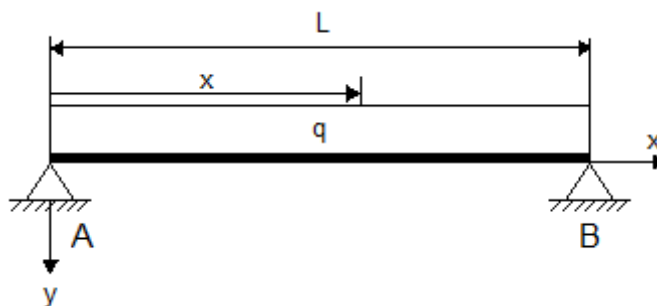
Tasaisesti kuormitetun palkin rasitukset tarkastellaan painavimman kohdan mukaan. Hallin sisällä keskirivissä olevien kulkuaukkojen luona kattopalkin rasitus on suurin. Lasketaan pinta-ala kyseisessä kohdassa.

$$A = 5,27 \text{ m} * 2,93 \text{ m} = 15,4 \text{ m}^2$$

Seuraavaksi lasketaan kyseisen alan kokonaismassa peruslumikuorma ja 1,6 varmuuskerroin huomioiden [liite 3].

$$m = 15,4 \text{ m}^2 * 404 \text{ kg/m}^2 = 6220 \text{ kg}$$

5,1 m kattopalkki kantaa maksimissaan 6 220 kg:n suuruista massaa. Käsitellään palkkia tasaisesti kuormitettuna ja lasketaan sen rasitukset.



Symmetriasta johtuen tukireaktiot ovat

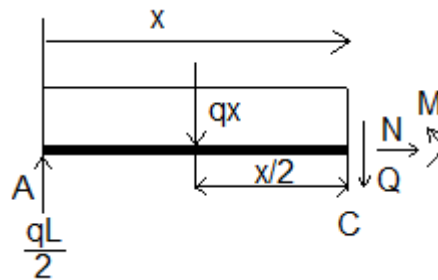
$$A_x = 0$$

$$A_y = B = \frac{qL}{2}$$

Tasainen kuormitus q

$$q = \frac{m * g}{L} = \frac{6220 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2}{5,1 \text{ m}} = 11960 \text{ N/m}$$

Katkaistaan palkki kohdasta x , vasemman puolen VKK:



Ratkaistaan rasitukset tasapainoyhtälöistä

$$\Sigma F_x = N = 0$$

$$\Sigma F_y = -\frac{qL}{2} + qx + Q = 0$$

$$Q(x) = q\left(\frac{L}{2} - x\right)$$

$$Q(0) = 30498 \text{ N}$$

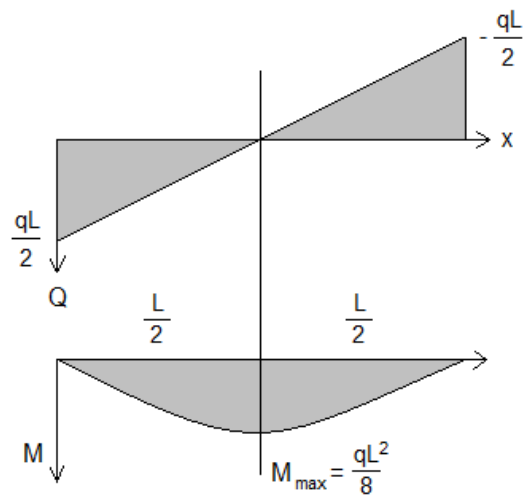
$$Q(5,1 \text{ m}) = -30498 \text{ N}$$

$$M_c = \frac{qL}{2} * x - qx * \frac{x}{2} - M = 0$$

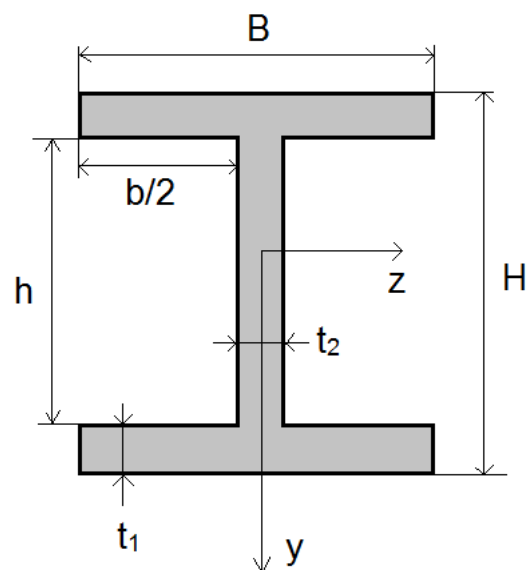
$$M(x) = \frac{q}{2}(Lx - x^2)$$

$$M(2,55m) = 38885Nm$$

Rasituskuviot



Lasketaan kattopalkille jäyhyysmomentit (mitat liite 3)



$$I_z = \frac{BH^3}{12} - \frac{bh^3}{12} = \frac{90mm * (100mm)^3}{12} - \frac{80mm * (80mm)^3}{12} = 10913000mm^4$$

Tällöin maksimi jännitykseksi saadaan

$$\sigma_{max} = \frac{M}{I_z} * y = \frac{38885000Nmm}{10913000mm^4} * 50mm = 178N/mm^2$$

Jos oletamme teräksen laaduksi tavallisen S235-laatuksen seostamattoman rakenneteräksen, sen myötölujuus on vähintään 235 N/mm² [7] joka tarkoittaa että kattopalkki kestää peruslumikuorman.

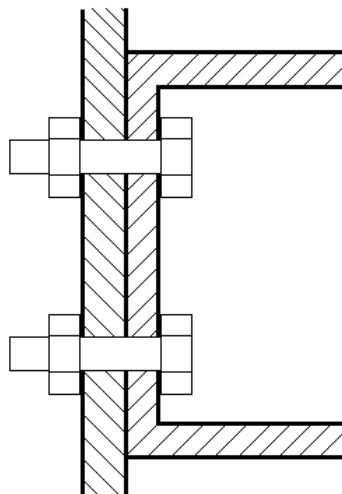
C-palkin pulttikiinnityksen leikkausjännityksen laskemiseen käytetään M8 8.8 pulttia. Yhdessä vaakapalkissa on aina neljä pulttia ja massaa palkin päällä on 1 000 kg. Pultin myötöraja $f_{yb} = 640$ N/mm².

Pultin pinta-ala A_{pultti}

$$A_{pultti} = \pi r^2 = \pi * (4mm)^2 = 50,27mm^2$$

Leikkausjännitys τ

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{1000kg * 9,81m/s^2}{4 * 50,27mm^2} = 48,79N/mm^2$$



Pulttiliitos kestää kuormituksen hyvin.

[14.]

4.2 Kustannusarviot

Varastohallin muokkauksen kustannusarviota tullaan vertaamaan uuden pressuhallin pystytyskustannuksiin. Molemmissa ratkaisuissa on saman verran lavapaikkoja joten ne ovat suoraan vertailukelpoisia.

Uusi Dancover pressuhalli hyllyineen näkyy kuvassa 30.



Kuva 12. Uuden hallin layout

Kustannukset (liite 5)

• Pressuhalli	60 000 €
• Hyllyt	10 150 €
• Vanhan hallin purku	5 000 €
• Kokoaminen	25 000 €
Yht	100 150 €

[12 ; 13]

Vanhan varastohallin muokkauksen suuntaa-antava kustannus arvio on eritelty kuvassa 31.

Nimike	Kpl hinta	Määrä	Kokonaishinta
Kokonaiset hyllyt keskiriville (8+2 lavaa)	719,60 €	3	2 158,80 €
Jatkohyllyt keskiriville (8+2 lavaa)	576,80 €	9	5 191,20 €
	7,94		
C-profiili teräs	€	90	714,60 €
Uusi kuormalavamoduli riville 4 (9+3 lavaa)	502,60 €	1	502,60 €
Uudet (6m) pylväselementit riville 4	141,30 €	15	2 119,50 €
	2,76		
T-profiili tuentaan	€	150	414,00 €
	3,69		
Katon ristituet	€	155,4	573,43 €
8h töitä, 5 miestä, 10 pvä (480€/mies/päivä)	480,00 €	50	24 000,00 €
Pultit ja mutterit	5 000,00 €	1	5 000,00 €
			40 674,13 €

Kuva 31. Uuden hallin layout

Kokonaishinnaksi muodostuu noin **40000 €**.

Näillä alustavilla laskelmilla huomataan vanhan varastohallin olevan järkevämpi ratkaisu hintaa tarkastellessa. Purkutöissä on aina varottava muitten rakenteiden rikkomista (viereinen, varastohallissa kiinni oleva rakennus (liite 1)), muokkaamisella säästytään myös tältä riskiltä.

5 Yhteenveto

Lähtökohtana työssä oli suunnitella vaadittavat muutostyöt, jotta tyhjiillään seisova halli saataisiin takaisin hyötykäyttöön. Tuotantolaitoksella käytyjen keskustelujen pohjalta saavutettiin yhteinen kuva siitä, miten muutoksia olisi hyvä lähteä toteuttamaan.

Työ aloitettiin perehtymällä oleellisiin standardeihin ja keräämällä tietoa lumikuormasta sekä hyllymalleista. Teoriaosuuden jälkeen aloitettiin hahmotella erilaisia vaihtoehtoja joilla saataisiin mahdollisimman paljon lisää hyllypaikkoja kustannuksiin nähden. Suurimmaksi haasteeksi nousi vanhojen hyllyrakenteiden sovittaminen uusiin ilman, että tarvitsisi purkaa suurinta osaa vanhoista hyllyistä ja näin nostaa muutosten hintaa.

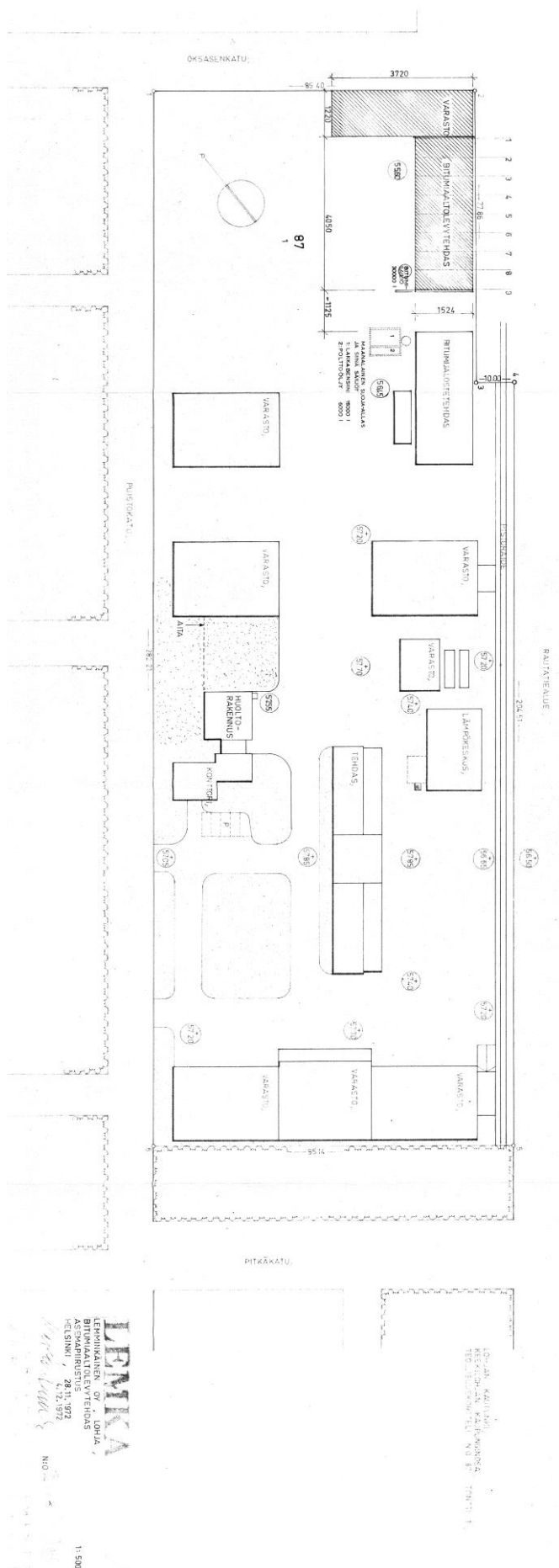
Alustavilla kustannuslaskelmilla huomattiin, että nykyisen hallin hyödyntäminen on hyvin paljon edullisempaa kuin uuden pressuhallin pystyttäminen. Suurin osuus kustannuksista hallin muokkaamisessa on työllä kuten usein haasteellisemmissä remontointikohteissa on. Lujuuslaskuilla saatiin varmutta siitä, että halli on vielä nykyäänkin turvallinen suurillakin lumimassoilla.

Lähteet

- 1 Yritysesittely. 2016. Verkkodokumentti. Nordic Waterproofing Oy
<<http://www.nordicwaterproofing.fi/meista>>. Päivitetty 13.4.2015.
Luettu 25.3.2016
- 2 Tehdasesittely. 2016. Verkkodokumentti. Kerabit Oy.
<<http://www.kerabit.fi/yritys/yritys/tuotanto-lohjalla>>. Päivitetty
12.12.2015. Luettu 2.2.2016.
- 3 SFS-EN 13698-1. Kuormalavat. 2004. Osa 1: 800 mm x 1200 mm
puisen kuormalavan rakenne. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
SFS.
- 4 SFS-EN 13698-2. Kuormalavat. 2004. Osa 2: 1 000 mm x 1 200 mm
puisen kuormalavan rakenne. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
SFS.
- 5 SFS-EN 15512. Steel static storage systems. Adjustable pallet rack-
ing systems. Principles for structural design. 2009. Helsinki: Suomen
Standardisoimisliitto SFS.
- 6 SFS-EN 15620. Steel static storage systems. Adjustable pallet rack-
ing. Tolerances, deformations and clearances. 2009. Helsinki:
Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- 7 Rakenneteräksen lujustaulukko. 2013. Verkkodokumentti. HTM
Yhtiöt Oy.
<<http://htmyhtiot.fi/assets/files/TPK%20asiakirjat/Ter%C3%A4sten%20mekaaniset%20ominaisuudet.pdf>>. 2013. Luettu 24.3.2016.
- 8 Jaakko Huuhtanen. Rakenteiden varmuus ja kuormitus. 2002.
Ympäristöministeriö.<<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020102.pdf>> 2002. Luettu 12.1.2016.

- 9 Faktaa Rakennetusta ympäristöstä – Lumikuorma ja kattorakenteet. 2009. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ym.fi/fi-fi/ajankohtaista/julkaisut/Faktalehdet>>. Päivitetty 12.2.2009. Luettu 2.2.2016.
- 10 Jaakko Huuhtanen. Rakenteiden varmuus ja kuormitus. 2002. Ympäristöministeriö.<<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020102.pdf>> 2002. Luettu 12.1.2016.
- 11 Kuormalavahyllyn törmäyssuojat. 2016. Verkkodokumentti. Intolog Oy.
<<http://www.intolog.fi/fi/shop/varastohyllyt/kuormalavahyllyt/kuormalavahyllyjen+turvallisuusosat/tormayssuojat/etupylvaan+tormayssuoja+k90/100+h400+mm>> 2016. Luettu 24.4.2016.
- 12 Kuormalavahyllyt. 2016. Verkkodokumentti. Varastoexpert Oy.
<<http://www.varastoexpert.fi/35/kuormalavahyllyt78?gclid=CNGTjszprMsCFcsLcwodbEcKBQ>>2016. Luettu 2.2.2016.
- 13 Pressuhalli. 2015. Verkkodokumentti. Dancover Oy.
<<http://www.dancovershop.com/fi/product/varastorakennukset/kuusikuImainen-varastorakennu-15x36x4-m.aspx>>. 2015. Luettu 13.11.2015
- 14 Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen, Suosara. 1999. Lujuusoppi. Helsinki: Hakapaino Oy.

Tehdasalueen pohjapiirrustukset



Linde H25:n tekniset tiedot

Technical Data according to VDI 2198

Characteristics	1.1	Manufacturer		LINDE
	1.2	Model designation		H25/600D (3B) ¹⁾
	1.2a	Series		393-02
	1.3	Power unit		Diesel
	1.4	Operation		Seat
	1.5	Load capacity	Q (t)	2.5
	1.6	Load centre	c (mm)	600
	1.8	Axle centre to fork face	x (mm)	442
	1.9	Wheelbase	y (mm)	1905
Weights	2.1	Service weight	(kg)	4090
	2.2	Axle load with load, front/rear	(kg)	5797 / 793
	2.3	Axle load without load, front/rear	(kg)	1930 / 2160
Wheels/Tyres	3.1	Tyres rubber, SE, pneumatic, polyurethane		SE ³⁾
	3.2	Tyre size, front		250/75-12 ⁴⁾
	3.3	Tyre size, rear		225/75-10 (23x9-10)
	3.5	Wheels, number front/rear (x = driven)		2x (4x) / 2 ⁷⁾
	3.6	Track width, front	b10 (mm)	1008
	3.7	Track width, rear	b11 (mm)	932
	3.8	Track width, overall	b12 (mm)	1000
Dimensions	4.1	Mast/fork carriage tilt, forward/backward	a/b (°)	5.0 / 8.0
	4.2	Height of mast, lowered	h1 (mm)	2264
	4.3	Free lift	h2 (mm)	150
	4.4	Lift	h3 (mm)	3050
	4.5	Height of mast, extended	h4 (mm)	3840
	4.7	Height of overhead guard (cabin)	h6 (mm)	2210
	4.8	Height of seat/stand on platform	h7 (mm)	1105
	4.12	Towing coupling height	h10 (mm)	698
	4.19	Overall length	l1 (mm)	3724
	4.20	Length to fork face	l2 (mm)	2724
	4.21	Overall width	b1/b2 (mm)	1256 ⁸⁾
	4.22	Fork dimensions	s/e/l (mm)	45 x 100 x 1000
	4.23	Fork carriage to ISO 2328, class/type A, B		2A
	4.24	Width of fork carriage	b3 (mm)	1150 ⁹⁾
	4.31	Ground clearance, below mast	m1 (mm)	119
	4.32	Ground clearance, centre of wheelbase	m2 (mm)	173
	4.33	Aisle width with pallet 1000 x 1200 across forks	Ast (mm)	4062 ¹⁰⁾
	4.34	Aisle width with pallet 800 x 1200 along forks	Ast (mm)	4262 ¹⁰⁾
	4.35	Turning radius	Wa (mm)	2420
	4.36	Minimum pivoting point distance	b13 (mm)	580
Performance	5.1	Travel speed, with/without load	(km/h)	22 / 22
	5.2	Lifting speed, with/without load	(m/s)	0.53 / 0.55
	5.3	Lowering speed, with/without load	(m/s)	0.54 / 0.52
	5.5	Tractive force, with/without load	(N)	19790 / 15150
	5.7	Climbing ability, with/without load	(%)	32.0 / 33.0
	5.9	Acceleration time, with/without load	(s)	5.1 / 4.5
	5.10	Service brake		hydrostatic
IC-Drive	7.1	Engine manufacturer/type		VW CPYB
	7.2	Engine performance according to ISO 1585	(kW)	44
	7.3	Rated speed	(1/min)	2700
	7.4	Number of cylinders/displacement	(-/cm3)	4 / 1968
	7.5	Fuel consumption according to VDI cycle	(l/h)	3.0
	7.5a	Fuel consumption according to VDI cycle	(kg/h)	-
	7.5b	Fuel consumption according to VDI cycle	(m3/h)	-
Others	8.1	Type of drive control		LTC
	8.2	Operating pressure for attachments	(bar)	170
	8.3	Oil flow for attachments	(l/min)	38
	8.4	Noise level at operator's ear	(dB(A))	77
	8.5	Towing coupling, design/type, DIN 15 170		similar to form H

1) With diesel particle filter to comply with legal requirements 2004/26/EG Stage 3 B

2) Without diesel particle filter to comply with legal requirements 2004/26/EG Stage 3 A

3) Other truck models upon request

4) Technical specifications for LPG version upon request

5) Alternative pneumatic tyres

6) 27x10-12, alternative pneumatic tyres, twin tyres 7.00-12 or SE 28x12,5-15

7) Figures in parenthesis refer to twin front tyres.

8) With SE twin tyres = 1611 mm

9) Alternative with SE twin tyres = 1600 mm

10) Including a 200 mm (min.) operating aisle clearance.

11) (H)= high quality, (L)= low quality

Katon massa –taulukko

[illegible]

Katon massa –taulukko

		http://www.ruukki.fi/Teras/Layer-pages/Fysikaaliset-ominaisuudet-seka-murtolujuus-vs-kovuus
itat	tiheys (teräs)	7,85 kg/dm ³
	paksuus	0,1 dm

tti.fi/index.php?b=6270&c=6270&h=37200&ep1=&ep2=&svj=&kt=&g3=&i3=&d1=&f3=&b3=&h3=&b4=&h4=&r1=&type=2&st=1&lang=fi&pak		
***http://users.metropolia.fi/~lehtk/Matematiikka/mttk24.htm		

.puuinfo.fi/node/1513 kg/m ³
--

Ote paalutuspöytäkirjasta

Paalutuspöytäkirja

1. Paalun numero (juokseva lyöntinum.)	2. Betoni- paalun valmistus- aika Puupaalun ohuempi pää Ø	3. Paalun valmistus- pituus	4. Lyönti- päivä	5. Työn- johtaja	6. Jär- käleen pudo- tus- kor- keus cm	7. Paalun pai- numa 10 lyönnin aikana 3:ssa viimeisessä lyöntisar- jassa mm	8. Paalu saavut- tanut kiinteän kerrok- sen m	9. Paalun yläpään + korkeus		10. Jälki- lyönti	11. Katkaisu- pituus m	12. Lopullinen paalun pituus	13. Huomautuksia. Täsmällinen paa- lun paine, paalun kallistumat, keskeytykset työssä ym.
								lyönnin jälkeen + kor- keus	Tarkistus Päivä + kor- keus				
1.	18.9/72	12,5	5.1.73	Pakarinen				52,29	52,29		-	12,5	
2.	18.9/72	12	5.1.73	"-				51,91	51,91		-	12	lyöty uudet paalut ti-
3.	22.3/72	14,5	22.3.72	"-				-	-		-	14,5	lalle
4.	12.1/72	8+11=19	8.1.73	"-		20		53,52	53,53		1,13	19	
5.	12.1/72	13+11=24	10.1.73	"-		15		55,85	55,85		2,45	24	
6.	12.1/72	13+11=24	10.1.73	"-		15		55,28	55,28		2,88	24	
7.	12.1/72	11+11=22	10.1.73	"-		15		54,66	54,65		2,25	22	
8.	12.1/72	13+10=23	10.1.73	"-		18		53,46	53,47		1,07	23	
9.	12.1/72	9+12=21	10.1.73	"-		15		55,24	55,24		2,84	21	
10.	12.1/72	9+12=21	10.1.73	"-		10		56,33	56,34		3,94	21	
11.	12.1/72	9+11=21	10.1.73	"-		-		55,44	55,42		3,02	21	
12.	12.1/72	8+12=20	11.1.73	"-		10		54,94	54,93		0,83	19,17	
13.	12.1/72	8+12=20	11.1.73	"-		15		55,08	55,05		0,95	19,05	
14.	12.1/72	9+12=21	11.1.73	"-		20		52,18	-		-	21	
15.	12.1/72	9+14=23	11.1.73	"-		15		55,39	55,41		1,31	21,69	
16.	12.1/72	12+12=24	11.1.73	"-		10		55,36	55,35		1,25	22,75	
17.	12.1/72	12+12=24	11.1.73	"-		15		55,45	55,45		1,35	22,65	
18.	12.1/72	12+12=24	11.1.73	"-		18		55,27	55,30		1,20	22,80	

Ote paalutuspöytäkirjasta

[illegible]